

## EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN AULAS DEL AREA DE EDUCACIÓN DEPORTIVA DE LA UBA

G. Casabianca<sup>1</sup>, J. M. Evans<sup>2</sup>, M. V. Snój<sup>3</sup>.  
Centro de Investigación Hábitat y Energía – SI – FADU - UBA  
Pabellón III – 4° Piso – Ciudad Universitaria – Capital Federal  
Tel. (011) 4789-6274 - e-mail: [gacasabianca@yahoo.com.ar](mailto:gacasabianca@yahoo.com.ar)

**RESUMEN:** Este artículo presenta un estudio de las condiciones de iluminación de dos aulas ubicadas en el Campo de Deportes de la UBA, en Ciudad Universitaria. Los objetivos del estudio son analizar las condiciones de iluminación, natural y artificial, analizar problemas de confort, proponiendo soluciones a los problemas detectados. Se realizaron las mediciones *in-situ* con luxómetros y además se realizó una encuesta a los ocupantes para relevar su percepción de confort visual. Se describen y grafican los resultados y las soluciones a los problemas detectados, que apuntan al control del ingreso de sol directo, a evitar problemas de contrastes, cambios en los colores de superficies interiores y mejoras en la iluminación artificial. Las conclusiones enfatizan la importancia de diseñar de forma integral el espacio arquitectónico y el sistema de iluminación propuesto.

**Palabras clave:** iluminación natural, aulas, iluminación artificial

### INTRODUCCIÓN

El confort visual en los espacios interiores es un factor de fundamental importancia para el bienestar físico y psíquico de sus ocupantes, además de promover un adecuado rendimiento en las actividades que se llevan a cabo en ellos. Esto es especialmente crítico en el caso de aulas de edificios educacionales. En estos espacios, la iluminación proviene de dos fuentes: la iluminación natural proveniente del cielo diurno y la iluminación artificial utilizada en horario nocturno y como complemento de la natural cuando su disponibilidad es reducida. Entonces, en función de la importancia de las condiciones lumínicas de un ambiente, es importante asegurar ciertos niveles de iluminancia sobre el plano de trabajo y una distribución homogénea de la luz en el espacio útil (Pattini, Kirschbaum, 2006) para garantizar el confort visual de los ocupantes.

Como parte de un ejercicio de reconocimiento y medición de condiciones lumínicas realizado por los alumnos de la materia Energía en Edificios de la FADU – UBA, y de la evaluación de posibilidades de ahorro energético en aulas en el marco del Proyecto UBACyT A 404 (orientado al desarrollo de pautas de eficiencia energética para edificios educacionales), se estudió la iluminación de dos aulas ubicadas en el sector de formación de las dependencias del Campo de Deportes de la UBA, en Ciudad Universitaria, en la Ciudad de Buenos Aires.

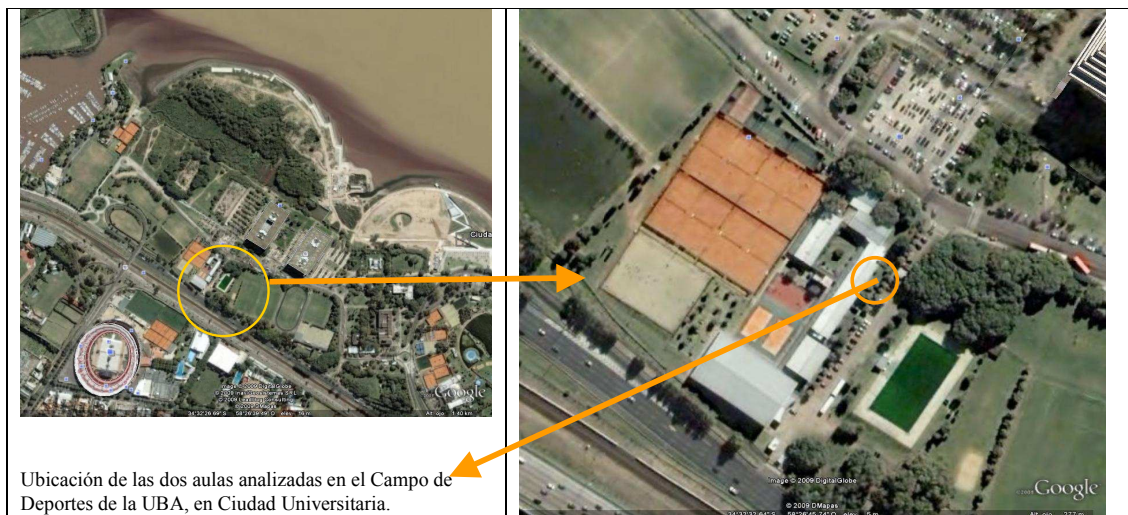


Figura 1: Ubicación general de las aulas estudiadas en el campo de deportes de la UBA, Ciudad Universitaria.

<sup>1</sup> Adjunta materia Energía en Edificios y directora Proy. UBACyT A404, Progr. Científica UBA 2008/2010

<sup>2</sup> Profesor Titular Energía en Edificios – Director CIHE

<sup>3</sup> JTP Energía en Edificios, investigadora CIHE

Las aulas están orientadas al NO, abiertas hacia un patio interno con construcciones de planta baja y un piso, y son utilizadas para la enseñanza teórica a nivel posgrado y cursos de actualización de disciplinas vinculadas a las actividades deportivas. El momento de ocupación intensiva se produce en horario vespertino/noche, razón por la cual inicialmente no se le había dado mayor importancia a las condiciones de iluminación y confort visual en horario diurno. Sin embargo, ante la eventual necesidad de ser ocupadas durante las mañanas y las tardes, se han puesto en evidencia algunos problemas de discomfort como por ejemplo el ingreso de sol directo que fueron subsanados rápidamente por los ocupantes mediante el bloqueo del ingreso de luz solar accionando persianas interiores; en consecuencia, se utiliza la luz artificial aún en pleno día, independientemente de las condiciones exteriores de cielo claro o nublado.



*Figura 2: Vista del exterior de las aulas desde el patio. La segunda muestra el obstáculo existente (tanque de agua) frente a una de las ventanas del Aula 2.*

Ante este problema, sumado a la necesidad de reducir el consumo de energía (en este caso destinada al acondicionamiento lumínico) a solicitud de organismos oficiales a las dependencias de la UBA, se estudiaron las condiciones de iluminación en las aulas con el fin de hacer un diagnóstico de la situación existente y proponer las mejoras necesarias.

Los objetivos del estudio son: analizar las condiciones de iluminación, natural y artificial, en las aulas; analizar los problemas de discomfort, sobre todo aquellos derivados de la orientación como el ingreso de radiación solar directa, y proponer soluciones a los problemas detectados.

## **DESARROLLO DEL ESTUDIO**

### *Metodología*

Se realizó el relevamiento mediante la toma de datos y mediciones en las aulas utilizando luxómetros Li-COR calibrados, midiéndose de forma simultánea los niveles de iluminación en las dos aulas y en el exterior para poder calcular el Factor de Luz Diurna correspondiente. Se midió el nivel de iluminación a nivel del plano de trabajo (0.80 m) bajo tres condiciones: luz natural, luz natural + iluminación artificial y referencia de luz natural con condiciones de cierre de los elementos de protección solar (persianas internas). Luego se graficaron los datos obtenidos para su evaluación.

También se realizó una encuesta a los ocupantes con el fin de relevar su percepción de confort visual. La encuesta es similar a la utilizada en el relevamiento de condiciones de confort térmico y visual realizado en un estudio anterior (Casabianca, Eguía, 2005) y que tiene como antecedente la evaluación subjetiva de aulas realizada por investigadores del LAHV – CRICyT (Pattini, Kirschbaum, 1998). Esta encuesta se realizó bajo las condiciones de iluminación natural, con algunas observaciones adicionales respecto a las condiciones de iluminación artificial.

### *Análisis de las condiciones de iluminación en las aulas.*

Las dos aulas son idénticas en orientación, forma, colores y dimensiones. La única diferencia en el exterior de una de ellas, denominada Aula 2 en el análisis, hay un tanque de agua pintado de color verde seco que obstaculiza las visuales al exterior y cambia las condiciones de exposición de las aberturas hacia la bóveda celeste.

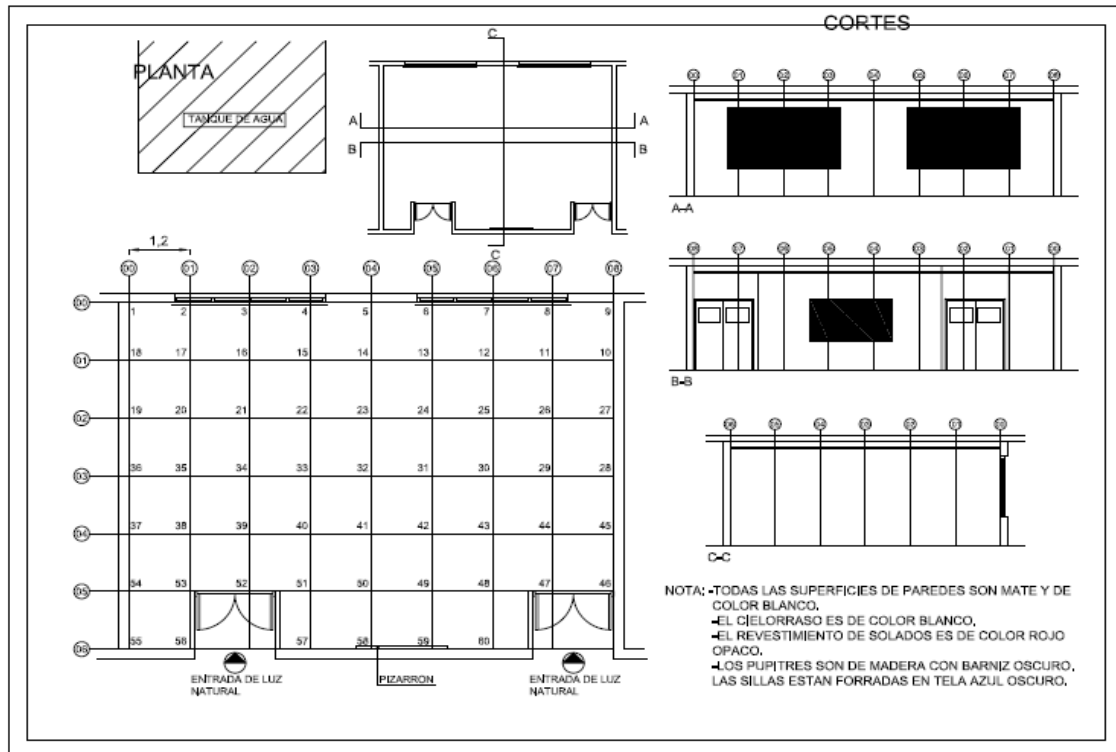


Figura 2: Planta del Aula 2 con el esquema de la grilla de mediciones, incluyendo la posición del tanque de agua exterior, y cortes. El aula 1 tiene iguales características y se encuentra adosada a la derecha del aula 2.

Las características del aula son: paredes de color blanco mate, cielorraso de placas de durlock blancas de 1.20 x 0.60, piso de cerámicos de color oscuro (marrón rojizo), ventanas de marco metálico de color oscuro, vidrio simple, con persianas tipo miniband de color negro. El equipamiento está conformado por 4 hileras de 14 pupitres cada una, con el apoyo de madera de color oscuro y las sillas en tela color azul oscuro. Los pizarrones, ubicados en el lado opuesto de las ventanas, son de color blanco (son pizarras para marcador). La iluminación artificial es con tubos fluorescentes comunes, distribuidos uniformemente en 6 luminarias de 4 tubos cada una. El estado general de mantenimiento del aula es bueno.

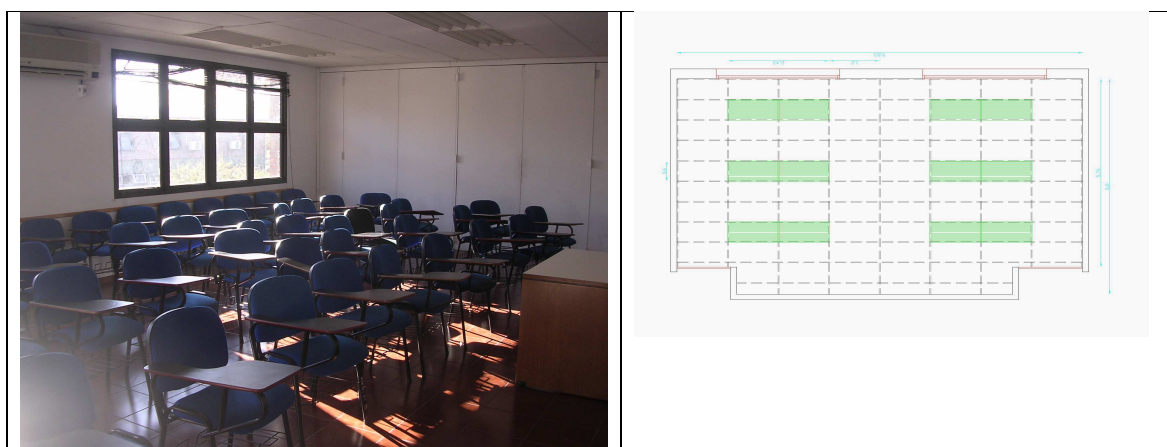


Figura 3: Interior del aula y esquema de ubicación de las luminarias.

Las mediciones de iluminación se realizaron en el mes de junio, en horas de la mañana, sin la incidencia de radiación solar directa sobre las ventanas, aunque algunas fotos fueron tomadas más tarde con el fin de identificar las condiciones de penetración solar y los posibles problemas de contraste que incidan en el confort visual. Los resultados de las mediciones de

luz natural se muestran en los gráficos de las figuras 4 y 5. Los valores del Factor de Luz Diurna (FLD) cumplen con el mínimo indicado en la Norma IRAM-AADL J 20-04 (Iluminación natural en Escuelas) sólo en los sectores próximos a las ventanas: más de la mitad de la superficie de las aulas tiene, al momento de la medición y bajo condiciones de cielo claro, valores de FLD inferiores a 2. En las mediciones se evidencia claramente la presencia del tanque de agua como un obstáculo que reduce ligeramente la disponibilidad de luz natural. Las irregularidades en la distribución en planta de deben a la influencia de algunos reflejos interiores al momento de realizar la medición.

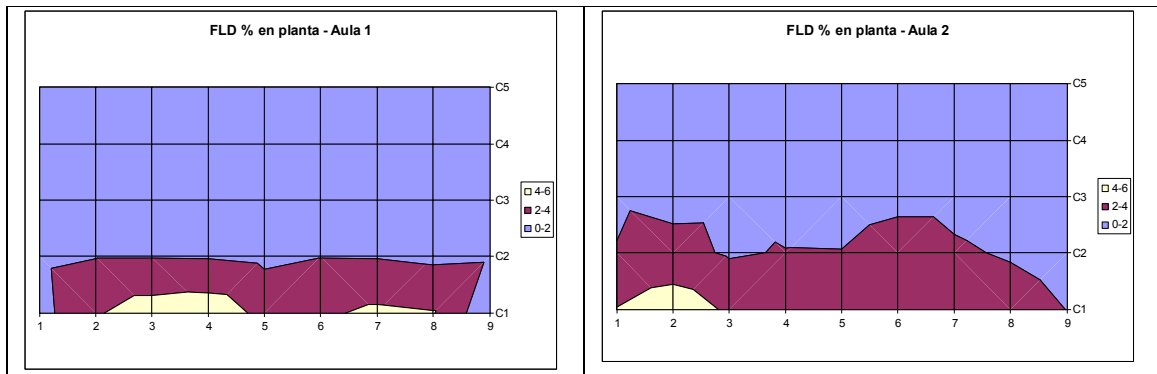


Figura 4: Distribución del FLD en planta en las dos aulas.

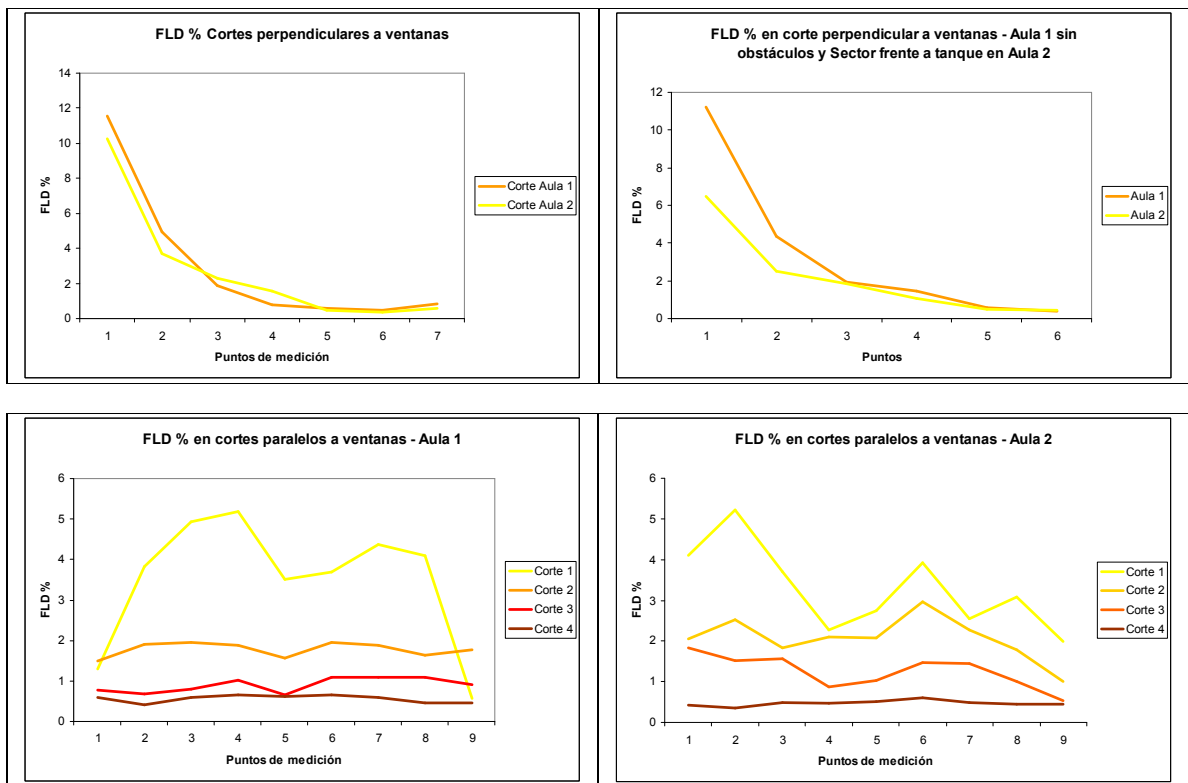


Figura 5: Distribución del FLD en cortes transversales y paralelos a las ventanas en las dos aulas.

Con respecto a las mediciones de iluminación artificial, los niveles medidos oscilaron entre 600 y 800 lux, siendo menores en las zonas próximas a los pizarrones y valores superiores a 900 lx en los pupitres ubicados debajo de las luminarias; en todos los puntos se superan el nivel de iluminación aconsejado por normativa. El nivel de iluminación ambiente con las persianas cerradas varió, según la distancia a la abertura, entre 25 y 80 lux. Cabe aclarar que debido a que hay aberturas vidriadas en la parte superior de las puertas de acceso, hay un aporte adicional de luz proveniente de las ventanas de orientación SE ubicadas el otro lado del pasillo de circulación que une las aulas.

### *Resultados de las encuestas de percepción subjetiva de condiciones de iluminación.*

Como parte del estudio se realizaron encuestas a los ocupantes bajo condiciones de luz natural aunque algunas de las preguntas de la encuesta también hacen referencia a aspectos vinculados a la iluminación artificial. La encuesta, sencilla en su planteo, abarca dos aspectos generales: evaluación subjetiva de condiciones de iluminación predominantes y percepción específica sobre iluminación natural, ventanas y asoleamiento en el aula.

Con respecto a las condiciones de iluminación, los resultados fueron similares: un 80 % de los encuestados percibió el nivel de iluminación de todo el espacio del aula como confortable y entre un 15 y un 20 % lo juzgaron como ligeramente alto para sus preferencias. Con respecto a la iluminación sobre el plano de trabajo, un 80 % de los encuestados manifestó que era confortable y un 20 % que era ligeramente bajo. En todos los casos se juzgó el nivel de iluminación sobre los pizarrones como alto.

En las preguntas sobre preferencias sobre el tipo de iluminación, el 90 % dijo preferir la luz natural y el restante 10 % la combinación entre luz natural y artificial. En todos los casos, se percibió el ambiente como luminoso. Los ocupantes del aula 1 consideraron que la distribución de luz en el ambiente era uniforme mientras que en el aula 2 se mencionaron problemas de reflejos provenientes de ventanas ubicadas al otro lado del patio. En todos los casos se mencionaron ciertos problemas de discomfort visual debido a la percepción del contraste entre la carpintería oscura y la luz entrante y por el reflejo excesivo de la superficie blanca de los pizarrones.

Con respecto a las ventanas y el asoleamiento, todos los encuestados juzgaron importante su diseño, no sólo por la posibilidad de obtener luz natural, sino por las vistas y el contacto con el exterior. El 90 % de los encuestados respondió que el tamaño de la ventana era satisfactorio de acuerdo a sus preferencias, mientras un 10 % juzgó que eran grandes. En todos los casos se mencionó la necesidad de control del acceso del sol directo para evitar problemas de contraste y deslumbramiento.

Los encuestados manifestaron su disconformidad con los colores de las superficies interiores y con la distribución del equipamiento. Con respecto a los colores, si bien percibieron el ambiente como luminoso, las superficies blancas resultaron muy claras, manifestándose la preferencia por tonos claros pastel, describiéndolos como “más relajantes” que el blanco predominante. Esto se vuelve crítico cuando es necesario fijar la vista en los pizarrones, cuya superficie brillante refleja la luz de las ventanas ubicadas en la pared opuesta del aula, generando problemas de discomfort visual. En todos los casos se opinó que es necesario cambiar la distribución del equipamiento: cambiar los pizarrones hacia una de las paredes laterales de las ventanas (de hecho, como lo aconseja la Norma IRAM de iluminación en escuelas).

### *Soluciones propuestas*

A partir del diagnóstico realizado, se propusieron posibles soluciones a los problemas detectados. Estas soluciones son de distintos tipos: es necesario controlar la entrada de sol directo, para lo cual se están proponiendo variantes de sistemas de protección solar exterior; cambios en el sistema interior de filtrado de luz, ya que las persianas de color negro introducen un elemento de contraste debido al color mismo, lo mismo que el tono oscuro de la carpintería metálica que se juzga necesario cambiar por un tono menos contrastante con la superficie vidriada. Las superficies de las paredes blancas son fuente de mucha luminosidad y podría pensarse en un tono claro un poco menos reflejante y menos contrastante con el piso oscuro.

La distribución del equipamiento debe ser revisada, ya que bajo condiciones de uso diurno, el pizarrón se convierte en fuente de reflejos molestos para los alumnos sentados, al mismo tiempo que la posición frente a la ventana del profesor también es poco confortable ya que recibe la luz de frente. Aún cuando se compensen los contrastes con auxilio de la luz artificial, la luminosidad de las ventanas bajo condiciones de cielo claro todavía son muy altas.

Con respecto a la iluminación artificial, los valores de luminancia sobre el plano de trabajo son altos (700 lx promedio) y pueden ser menores. Se propone reducir la cantidad de tubos y, dado a que la temperatura de color de los tubos relevados era distinta (y en consecuencia el tono de la luz), se recomienda tratar de uniformar el tono de la luz emitida por cada luminaria: la mezcla de tonos de luz blanca y amarillenta fue realizada adrede debido a las quejas de los ocupantes ante el predominio de la denominada “luz fría” proveniente de los tubos, ya que no la consideraban agradable.

### **CONCLUSIONES**

La evaluación de las condiciones de iluminación de las aulas, además de resultar una experiencia interesante para los alumnos que asistieron a los investigadores en la evaluación, muestra la importancia de analizar todos los aspectos que forman parte de un “sistema de iluminación natural”: no sólo el diseño de la abertura en sí, sino las superficies de las paredes, piso y techos y el diseño del equipamiento. Si bien el diseño general es bueno, en general mucho más agradable y con mejores posibilidades de provechar la luz natural que el de otras aulas de las facultades de la UBA, es necesario implementar algunas soluciones a los problemas de discomfort detectados.

El cambio de las condiciones de uso de las aulas, del horario vespertino/nocturno al diurno requiere de los cambios propuestos para garantizar adecuadas condiciones de confort visual para los ocupantes, logrando una mejor distribución de la luz y presentando un cierto potencial de ahorro de energía eléctrica al reducir la cantidad de lámparas necesarias, evitándose un exceso en el nivel de iluminación que también es juzgado como poco agradable por los usuarios.

## REFERENCIAS

- Casabianca G., Eguía S. (2005) Evaluación de confort térmico y lumínico en edificios patrimoniales de uso escolar. Comunicación técnica. Anais Do VIII Encontro Nacional Sobre Conforto No Ambiente Construido (ENCAC). Editora: ANTAC – Associação Nacional de tecnologia do ambiente construido. Editores: M. Roriz, R. Cabús, E. Ghisi. ISBN: 85-89478-12-2.
- IRAM (1974) Iluminación en escuelas. Norma IRAM-AADL J 20-04. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales y Asociación Argentina de Luminotecnia, Buenos Aires, Argentina.
- Innovative Design (2004) Guide for Daylighting Schools. Daylighting Dividends. Lighting Research Center y Rensselaer Polytechnic Institute. En [www.innovativedesign.net](http://www.innovativedesign.net).
- Ledesma S., Cisterna M., Márquez Vega G., Quiñones G., Nota V., Gonzalo G. (2005) Evaluación del ahorro energético en iluminación artificial en aulas de edificios escolares en Tucumán. En AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 9, INENCO, UNSa, ISSN 0329-5184.
- Pattini A. (2005) Estudiando la luz de la energía solar: escuelas con iluminación natural en sus espacios interiores para optimizar la calidad ambiental y el ahorro de energía. Coleccionable N° 1. Revista MEGALUZ, Año 4, N° 19, Mar/Abril 2005. Edigar Grupo Editor, Buenos Aires, Argentina.
- Pattini A., Kirschbaum C., (1998) Evaluación subjetiva de aulas iluminadas con luz natural. En AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 2, INENCO, UNSa, ISSN 0329-5184.
- Pattini A., Kirschbaum C., (2006) Iluminación natural en edificios solares. El caso del control y distribución lumínica en aulas de un edificio escolar construido en Mendoza. En AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 10, INENCO, UNSa, ISSN 0329-5184.
- San Juan G., Evans J., Bogatto M., Hoses S., Mármora M. (1998) Evaluación del comportamiento lumínico en aulas con diferentes soluciones de envolvente edilicia. En AVERMA, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 2, INENCO, UNSa, ISSN 0329-5184.

## ABSTRACT

This article displays a study of the lighting in two classrooms located in the UBA's Field of Sports, Ciudad Universitaria, Buenos Aires. The objectives of the study are to analyze the lighting conditions, both daylight and electric lighting, to identify discomfort problems, and proposing possible solutions. The measurements have been made *in-situ* with luxometers, and also were made surveys, to detect the subjective perception of visual comfort. The results and the proposed solutions are described. These solutions refer to the control of the direct sunlight gain, to avoid heating problems; changes in the colours of room surfaces and improvements in electrical lighting. The conclusion empathize the importance of an integrated architectonical and lighting design.

**Keywords:** Daylight, artificial lighting, classrooms.